نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۱، فروردین - اردیبهشت ۱۳۹۹، ص. ۵۴-۴۳

Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 1, March-April 2020, p. 43-54

# بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل رودخانه کشف‌رود با تحلیل نتایج روش SCS-CN

مهدی محمودی[۱]- مهدی هنرمند[۲]*- فرزین ناصری[۳]- صدیقه محمدی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۰۸

## چکیده

تغییر کاربری اراضی و به طور کلی پوشش اراضی تأثیر مستقیمی بر تغییر رژیم هیدرولوژیکی دارد و ویژگی‌های سیل در هر منطقه می‌تواند تابع کاربری اراضی آن حوضه باشد. این تحقیق با هدف تعیین میزان تغییر کاربری اراضی طی ۲۸ سال (۱۳۶۶ تا ۱۳۹۴) و تأثیر آن بر هیدروگراف سیل رودخانه کشف‌رود انجام شد. برای این منظور، نقشه کاربری اراضی با استفاده از نرم‌افزار Erdas Imaging 2014 از تصاویر لندست TM سال ۱۳۶۶ و OLI سال ۱۳۹۴ با دقت ۸۷/۳ و در ۱۰ کلاس کاربری استخراج شد. سپس با تلفیق نقشه‌های کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیک خاک در محیط GIS نقشه شماره منحنی رواناب، حاصل شد. در مرحله بعد وقایع بارش-رواناب در مدل HEC-HMS با استفاده از روش SCS-CN شبیه سازی شد و پارامترهای هیدرولوژیکی مربوط به سال ۱۳۶۶ و ۱۳۹۴ واسنجی و اعتبارسنجی شد. نتایج نشان داد به علت تغییرات کاربری اراضی که در جهت کاهش مساحت مراتع متوسط و افزایش مساحت مراتع فقیر اتفاق افتاده است، متوسط شماره منحنی حوضه در این مدت از ۷۷/۵ به ۷۸/۴ افزایش یافته است. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که میزان دبی اوج و حجم سیلاب حوضه کشف‌رود طی دوره مورد مطالعه به طور متوسط به‌ترتیب ۱۵/۲ و ۱۳/۷ درصد افزایش یافته ولی زمان رسیدن به دبی اوج هیدروگراف سیل تغییری نداشته است.

**واژه‌های کلیدی:** سیل، شماره منحنی، لندست، HEC-HMS

## مقدمه

در مقایسه با بلایای طبیعی دیگر، سیل با فراوانی وقوع زیاد و به دلیل اینکه در محدوده وسیع رخ می‌دهد، از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی است که از نظر مالی و جانی خسارات زیادی را به همراه دارد (۳۲). فرآیندهای هیدرولوژیکی متعددی که در تولید رواناب سطحی و به ویژه سیل مؤثرند، در حوضه‌های آبریز رخ می‌دهند، لذا برنامه‌ریزی و مدیریت یکپارچه آن اهمیت ویژه‌ای دارد (۱۴). مؤلفه‌های زیادی مانند شرایط اقلیمی، توپوگرافی، خصوصیات خاک، پوشش اراضی و... در تولید رواناب سطحی نقش دارند و کاربری زمین یکی از مهم‌ترین آنهاست (۲۴). برآورد مقدار کمی رواناب از دغدغه‌های اصلی هیدرولوژیست‌ها است که در محاسبات و طراحی‌های عمرانی مختلف نقش اساسی دارد. رایج‌ترین مدل برآورد رواناب سطحی مدل شماره منحنی سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS-CN) است (۷) و چنانچه در برآورد پارامترهای مهم آن مانند کاربری اراضی از فن‌آوری‌های سنجش از دور (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شود، صحت و سرعت در دست‌یابی به نتایج آن بیشتر می‌شود (۴ و ۲۵).

در زمینه تغییر کاربری اراضی و ارتباط آن با عوامل مختلف سیلاب تحقیقات زیادی در سطح ایران و جهان صورت گرفته است، که به چند مورد اشاره می‌شود. سوریا و مودگال (۳۰) با استفاده از مدل HEC-HMS و داده‌های سنجش از دور، تأثیر تغییر کاربری اراضی طی ۲۹ سال را در حوضه تیروسولام بر روی سیلاب بررسی کردند. در نهایت با استفاده از مدل HEC-RAS نقشه پهنه‌بندی سیل را تهیه کردند. در تحقیق دیگری در شرق هندوستان سانیال و همکاران (۲۶) با استفاده از داده‌های ماهواره لندست در دوره ۲۸ ساله نقشه کاربری اراضی را با استفاده از نرم‌افزار ENVI تهیه کردند. سپس نقش هر یک از زیرحوضه‌ها را در تعیین دبی اوج سیلاب خروجی حوضه بررسی کردند و آنها را به لحاظ سیل‌خیزی اولویت‌بندی کردند. نوحه‌گر و همکاران (۱۹) در تحقیقی در حوضه تنگ بستانک شیراز تغییر کاربری اراضی و تأثیر آن بر پتانسیل

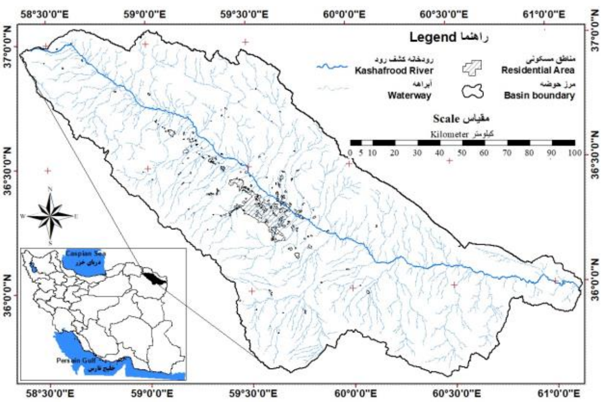
۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی دکتری مهندسی آبخیزداری و استادیاران گروه اکولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان
(*- نویسنده مسئول: Email: mehonarmand167@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jsw.v34i2.84342

سیل‌خیزی را مطالعه نمودند. این مطالعه در یک دوره ۱۸ ساله انجام شد و نتایج نشان داد که حوضه مذکور ۹ درصد سیل‌خیزتر شده است. بهنام و همکاران (۳) در محدوده شهری اصفهان اثر تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل را با کمک تصاویر ماهواره‌ای و روش SCS بررسی کردند. آنها نشان دادند که تأثیر تغییر کاربری اراضی با افزایش دوره بازگشت کاهش می‌یابد. به طوری که به دلیل تغییر کاربری اراضی، دبی پیک سیل ۵ ساله ۳۹/۹ درصد افزایش یافته ولی دبی پیک ۲۰۰ ساله ۱۰/۳ درصد افزایش داشته است. تحقیقاتی نیز در زمینه برآورد میزان رواناب با روش SCS-CN انجام شده است. وینیترا و یشودا (۳۱) و ساتیشکومار و همکاران (۲۷) نشان دادند که این مدل و روش برای تخمین میزان رواناب منطقه مورد مطالعه خود بسیار کارآمد است. شنانی هویزه و همکاران (۲۸) تغییر هیدروگراف سیل حوضه ابوالعباس در استان خوزستان را در یک دوره ۱۹ ساله با استفاده از مدل HEC-HMS بررسی کردند. در مطالعه آنها، ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و الگوریتم شبکه عصب مصنوعی ۸ کلاس کاربری استخراج شد و با روش شماره منحنی، رواناب حوضه مطالعه شد. نتایج ایشان نشان داد که میزان دبی اوج و حجم سیل در این حوضه به‌ترتیب ۵/۵ و ۵/۱ درصد افزایش داشته است. حجازی و مزبانی (۱۰) در حوضه سراب در منطقه دره‌شهر با استفاده از روش شماره منحنی مقدار ارتفاع رواناب و دبی حداکثر سیل را تعیین کردند. تحقیقات ایشان نشان داد پارامتر مساحت و تراکم زهکشی نسبت به سایر عوامل تأثیر بیشتری در پتانسیل سیل‌خیزی این حوضه دارد. مصطفی‌زاده و همکاران (۱۸) تغییرات زمانی مقدار شماره منحنی را در حوضه جعفرآباد بررسی کردند. آنها نشان دادند میانگین شماره منحنی در فصل تابستان و زمستان حدود ۶۰ و در فصل بهار و پائیز به‌ترتیب ۵۰ و ۵۶ بود. محرم‌پور و همکاران (۱۷) با هدف محاسبه توان سیل‌خیزی و ترسیم نقشه شماره منحنی در حوضه نازلوچای تحقیقی را انجام دادند. آنها با استفاده از الحاقیه Arc CN-Runoff در محیط ArcGIS نقشه شماره منحنی را تهیه و میانگین آن را در منطقه معادل ۷۸ برآورد کردند. سپس نقشه ارتفاع رواناب را به دست آوردند. حسین‌زاده و همکاران (۱۱) با هدف تعیین شماره منحنی و سپس برآورد حداکثر دبی اوج سیل، از روش SCS-CN استفاده کردند. آنها نشان دادند وضعیت هیدرولوژیکی اراضی و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک در سطح حوضه مهم‌ترین پارامتر تعیین کننده CN است و بر روی رواناب تأثیر می‌گذارد. دایی و همکاران (۵) نیز در زمینه اصلاح مقدار تلفات اولیه و تلفات کل رواناب در پنج زیرحوضه در استان گلستان تحقیقی را انجام دادند. نتایج آنها نشان داد مدل اصلاح شده شماره منحنی (رابطه غیرخطی تلفات اولیه و تلفات کل رواناب) موجب بهبود کارائی مدل SCS-CN خواهد شد.

یکی از مشکلاتی که در حوضه کشف‌رود رخ داده است تغییرات گسترده کاربری اراضی است. قطعاً این تغییرات در درازمدت روی ویژگی‌های سیلاب این حوضه تأثیرگذار بوده است. این تحقیق با هدف شناسایی این تأثیرات، برای اولین بار به ارزیابی روش‌های مختلف تهیه نقشه کاربری اراضی و صحت‌سنجی نتایج آنها، همچنین واسنجی و اعتبارسنجی مدل HEC-HMS و مقایسه تغییرات سیلاب شبیه‌سازی طی ۲۸ سال، در قالب یک طرح پژوهشی و تحقیقاتی در سطح حوضه کشف‌رود انجام شد.

## مواد و روش‌ها

حوضه کشف‌رود بخشی از حوضه قره‌قوم است و موقعیت آن در شکل ۱ ارائه شده است. حوضه قره‌قوم در سیستم استاندارد تقسیم‌بندی حوضه‌های کشور ششمین حوضه اصلی و در طول جغرافیایی "۶/۷۰ '۲۲ °۵۸ تا "۵/۱۱ '۰۸ °۶۱ شرقی و عرض جغرافیایی "۵۸/۴۰ '۳۷ °۳۵ تا "۵۶/۲۴ '۰۳ °۳۷ شمالی قرار دارد. وسعت این حوضه ۱۶۷۷۹ کیلومتر مربع بوده و بالاترین نقطه در این حوضه ۳۲۳۵ متر و پایین‌ترین آن ۳۷۸ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. این حوضه از غرب به حوضه اترک، از شرق به مرز کشور افغانستان، از شمال به رشته کوه‌های هزار مسجد و از جنوب به رشته کوه‌های بینالود محدود می‌شود. طول رودخانه کشف‌رود از بلندترین نقطه تا خروجی حوضه حدود ۳۷۴ کیلومتر است و شیب خالص و ناخالص آن به‌ترتیب ۰/۰۰۲۸ و ۰/۰۰۴۳ متر بر متر است. این رودخانه بزرگ‌ترین زهکش شهر مشهد بوده که از شمال آن عبور کرده و جهت جریان آن از غرب به شرق است. این رودخانه پس از دریافت شعبات دیگر در شمال مشهد در جهت غربی-شرقی جاری شده، جاده مشهد-سرخس را قطع نموده و در جنوب مزداوند وارد دره‌ای تنگ می‌شود و پس از خروج از آن در محلی بنام پل خاتون با هریرود تلاقی کرده و رودخانه تجن را تشکیل می‌دهند.




**شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه**

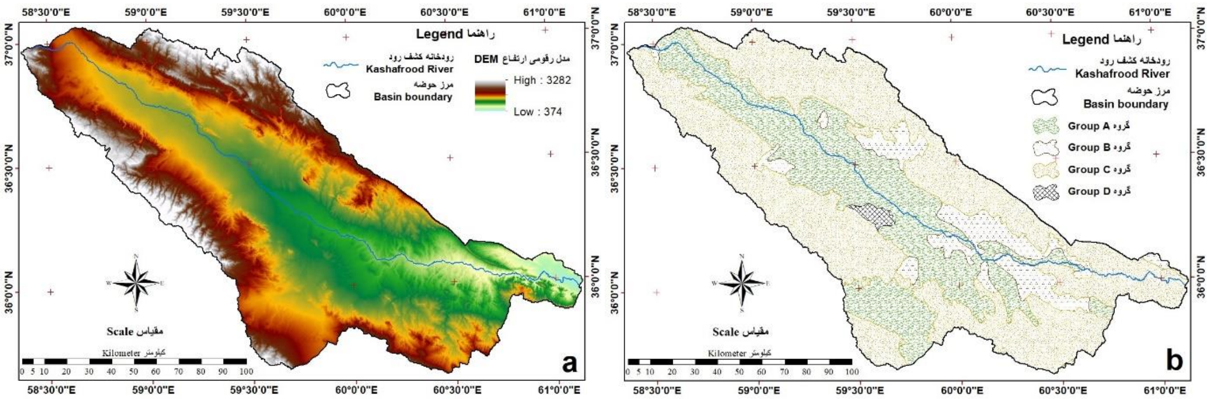
**Figure 1- Location of study area**

جهت محاسبه خصوصیات فیزیکی و هیدرولوژیکی و همچنین

انجام تصحیحات هندسی مورد نیاز بر روی تصاویر ماهواره‌ای، مدل رقومی ارتفاعی استفاده می‌شود (۲۸). در این تحقیق از داده‌های مدل جهانی رقومی ارتفاع ماهواره استر با دقت مکانی ۳۰ متر استفاده شد. پس از تولید نقشه جهت جریان، و تجمع جریان، نقشه آبراهه تولید شد و سپس پارامترهایی مانند مساحت، شیب، زمان تمرکز و سایر خصوصیات فیزیوگرافی و هیدرولوژیکی محاسبه شد. نقشه گروه هیدرولوژیکی خاک، از طریق نقشه خاک‌شناسی، بعضی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک مانند ساختمان، بافت، عمق و جنس سنگ بستر، سرعت نفوذپذیری خاک و پوشش گیاهی تهیه می‌شود. با استفاده از این ویژگی‌ها و با توجه به استاندارد گروه‌های خاک انجمن حفاظت خاک آمریکا نقشه گروه هیدرولوژیک تهیه می‌شود (۸). در این مطالعه، از نقشه گروه هیدرولوژیکی خاک تهیه شده در مطالعات به‌هنگام‌سازی بیلان قره‌قوم (۱۳) استفاده شد. نقشه گروه هیدرولوژیک خاک و مدل رقومی ارتفاع حوضه کشف‌رود در شکل ۲ ارائه شده است.

در مرحله بعد نقشه کاربری اراضی حوضه تهیه شد. از آنجاکه تغییر کاربری در زمان کوتاه رخ نمی‌دهد و در بازه‌های طولانی قابل آشکارسازی است، لذا در این تحقیق سعی شد یک بازه ۳۰ ساله انتخاب شود ولی به دلیل رعایت شرایط انتخاب تصویر مناسب (فاقد خطای سنجنده، اتمسفری، یکسان بودن قدرت تفکیک زمانی و مکانی و...)، یک بازه ۲۸ سال برای تصاویر ماهواره‌ای انتخاب شد. چون یکی از اهداف مطالعه بررسی تغییرات کاربری اراضی است، داده‌ها طوری از میان تصاویر انتخاب شد که تاریخ آن تا حد امکان به هم نزدیک باشند. به طور کلی، پنج تصویر از ماهواره لندست برای پوشش کامل حوضه کشف‌رود نیاز است. برای قدیمی‌ترین داده‌ها از تصاویر لندست ۵ و برای جدیدترین داده‌ها، از تصاویر لندست ۸ استفاده شد (جمعا ۱۰ تصویر استفاده شد). برخی مشخصات این تصاویر در جدول ۱ آمده است. تصویر نهایی که حاصل ترکیب ۵ تصویر است، مربوط به سال ۱۳۶۶ و ۱۳۹۴ در شکل ۳ نشان داده شد.

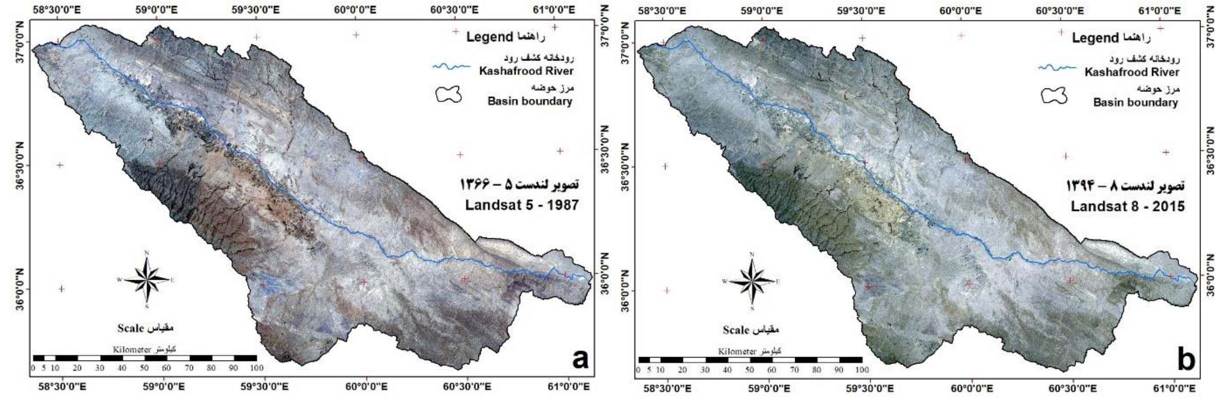
برای پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای از نرم‌افزار ERDAS IMAGINE 2014 استفاده شد. تصحیح هندسی به روش تصویر به تصویر با ریشه میانگین مربعات خطا کمتر از ۰/۵ پیکسل انجام شد (۱۶).




شکل ۲- مدل رقومی ارتفاع (a) و گروه هیدرولوژیک خاک (b) منطقه مورد مطالعه
**Figure 2- Digital elevation model (a) and soil hydrologic group (b) of study area**

جدول ۱- تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده در دوره زمانی مورد مطالعه
**Table 1- Satellite images applied over the study period**

| ردیف/گذر Path/Row | تاریخ تصاویر لندست ۵ Date of landsat 5 images (TM) | | تاریخ تصاویر لندست ۸ Date of landsat 8 images (OLI) | |
|---|---|---|---|---|
| | هجری خورشیدی Solar Hijri | میلادی Gregorian | هجری خورشیدی Solar Hijri | میلادی Gregorian |
| 158/35 | 1366/04/06 | 1987/06/27 | 1394/04/03 | 2015/06/24 |
| 159/34 | 1366/03/28 | 1987/06/18 | 1394/03/25 | 2015/06/15 |
| 159/35 | 1366/03/28 | 1987/06/18 | 1394/03/25 | 2015/06/15 |
| 160/34 | 1366/04/04 | 1987/06/25 | 1394/04/01 | 2015/06/22 |
| 160/35 | 1366/04/04 | 1987/06/25 | 1394/04/01 | 2015/06/22 |



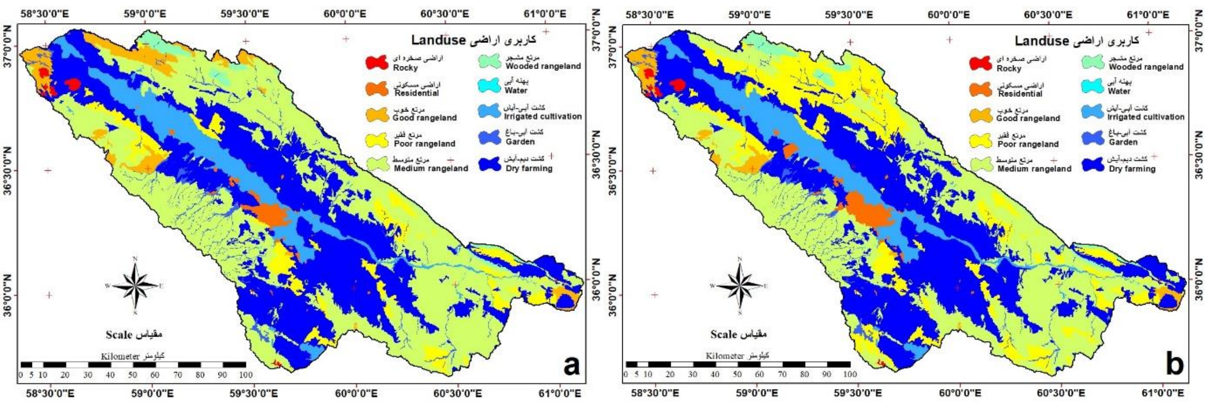

**شکل ۳- تصویر لندست ۵ سال ۱۳٦٦ (a) و لندست ۸ سال ۱۳۹٤ (b)- حاصل از ترکیب ۵ تصویر**

**Figure 3- Image of Landsat 5, 1987 (a) and Landsat 8, 2015 (b)- the combination of five images**

برای تصحیح رادیومتریک، از آنجا که تغییرات شرایط روشنایی، بر تابش واقعی رسیده به یک پیکسل تأثیر می‌گذارد، تصحیح اتمسفری قبل از تصحیح توپوگرافی اعمال شد (۲۲). تصحیح اتمسفری مهمترین بخش قبل از پردازش تصاویر است و به ویژه در مواردی که مقایسه و تجزیه و تحلیل تصاویر چند زمانه مدنظر است، استفاده می‌شود (۹). برای تشخیص پوشش گیاهی (نوع و تراکم)، انواع شاخص‌های پوشش گیاهی مانند شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI[1])، شاخص پوشش نسبی (RVI[2]) و شاخص پوشش گیاهی خاک اصلاح شده (SAVI[3]) استفاده شد (۱). با وجود نتایج مثبت سابقه تحقیق که از روش حداکثر شباهت استفاده کرده‌اند، در تحقیق حاضر برای طبقه‌بندی علاوه بر آن از روش‌های حداقل فاصله و فاصله ماهالانوبیز نیز استفاده شد. تنها پس از ارزیابی دقت طبقه‌بندی و کسب اطمینان از صحت نقشه استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای، می‌توان گفت که طبقه‌بندی به طور صحیح انجام شده است. نتایج ارزیابی دقت معمولاً به‌صورت ماتریس خطا ارائه می شود. این ماتریس حاصل مقایسه پیکسل به پیکسل، پیکسل‌های معلوم با پیکسل‌های متناظر در نتایج طبقه‌بندی است (۲۲). بنابراین برای انتخاب روش مناسب طبقه‌بندی، پس از اعمال الگوریتم‌های طبقه‌بندی مختلف برای تصویر سال ۱۳۹۴، اقدام به ارزیابی دقت طبقه‌بندی آنها شد (زیرا اطلاعات زمینی تنها برای سال ۱۳۹۴ در دسترس بود) و بر اساس روش منتخب، تصویر سال ۱۳۶۶ نیز طبقه بندی شد. به منظور تعیین بارش مازاد یا رواناب، بایستی تلفات کل بارش (S) با استفاده از یک عامل بدون بعد به نام شماره منحنی (CN) محاسبه شود (۱۵). تغییر کاربری اراضی یک حوضه بر میزان نفوذپذیری تأثیر می‌گذارد و وضعیت هیدرولوژیکی را تغییر می‌دهد و لذا تهیه نقشه شماره منحنی در هر یک از سال‌های مورد مطالعه ضروری می‌باشد (۲۸). از ترکیب نقشه گروه هیدرولوژیک خاک و نقشه کاربری اراضی که از تصاویر ماهواره‌ای لندست تهیه شده بود و استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10.3 نقشه شماره منحنی مربوط به سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۹۴ تهیه شد.

در نهایت از روش استاندارد شماره منحنی سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS-CN) برای محاسبه مقدار بارش مازاد و تلفات در مدل HEC-HMS استفاده شد (۲۸). مدل HEC-HMS یک مدل هیدرولوژیکی است که توسط ارتش ایالات متحده آمریکا توسعه داده شده است. در این روش تنها نیاز است که متغیرهای کاربری اراضی، گروه هیدرولوژیک خاک و شیب منطقه محاسبه شود و با وجود سادگی، نتایج آن بسیار بهتر از مدل‌های پیچیده است (۳۰). برای شبیه‌سازی رفتار هیدرولوژیکی حوضه این مدل سه زیر مدل شامل مدل حوضه، مدل اقلیم و شاخص‌های کنترلی دارد. در مجموع نه روش متفاوت برای محاسبه تلفات بارش در بخش زیرمدل حوضه وجود دارد، در این تحقیق از روش SCS-CN استفاده شد. برای کالیبراسیون مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS از چهار واقعه سیلاب در ایستگاه هیدرومتری پل خاتون-کشف‌رود که دارای بارش متناظر نسبتا فراگیر بودند انتخاب شد. به طوری که از سه واقعه سیلاب برای واسنجی و از یک واقعه برای اعتبارسنجی استفاده شد. سپس با استفاده از معیارهای ارزیابی مدل، عوامل تلفات اولیه و زمان تأخیر برای شبیه‌سازی جریان در رودخانه کشف‌رود بهینه شد. توزیع مکانی بارش در سطح منطقه برای این چهار واقعه نیز تهیه و میانگین بارش به عنوان بارش مولد سیلاب تعیین شد. به دلیل اینکه ایستگاه سینوپتیک مشهد در مرکز ثقل حوضه قرار دارد و همچنین دقت بیشتری در اندازه‌گیری و ثبت آمار دارد، از این ایستگاه برای مشخص کردن توزیع زمانی بارش مولد سیلاب استفاده شد. با استفاده از نرم افزار ArcGIS نیز پارامترهای طول آبراهه، شیب طولی و... محاسبه شد.

---
1- Normalized Difference Vegetation Index
2- Ratio Vegetation Index
3- Soil Adjusted Vegetation Index




**شکل ٤- نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه مربوط به سال ١٣٦٦ (a) و ١٣٩٤ (b)**

**Figure 4- Land use maps of the study area for the years 1987 (a) and 2015 (b)**

## نتایج و بحث

در این تحقیق، برای طبقه‌بندی از ۳ الگوریتم حداقل فاصله، ماهالانوبیز و الگوریتم حداکثر شباهت استفاده شد. پس از انجام طبقه بندی کاربری‌ها در سال ۱۳۹۴ دقت کلی نقشه‌های کاربری اراضی با روش صحت کلی ارزیابی شد. نتایج نشان داد که دقت کلی آنها در ارزیابی و شناسایی پدیده‌ها به‌ترتیب ۷۸/۵، ۸۳/۷ و ۸۷/۳ است. بنابراین روش الگوریتم حداکثر شباهت به‌عنوان روش مناسب برای طبقه‌بندی انتخاب شد. بدین ترتیب تصویر سال ۱۳۶۶ نیز با این روش طبقه‌بندی شد (شکل ۴). نتایج نشان داد که ۱۰ کلاس کاربری در منطقه مورد مطالعه وجود دارد.

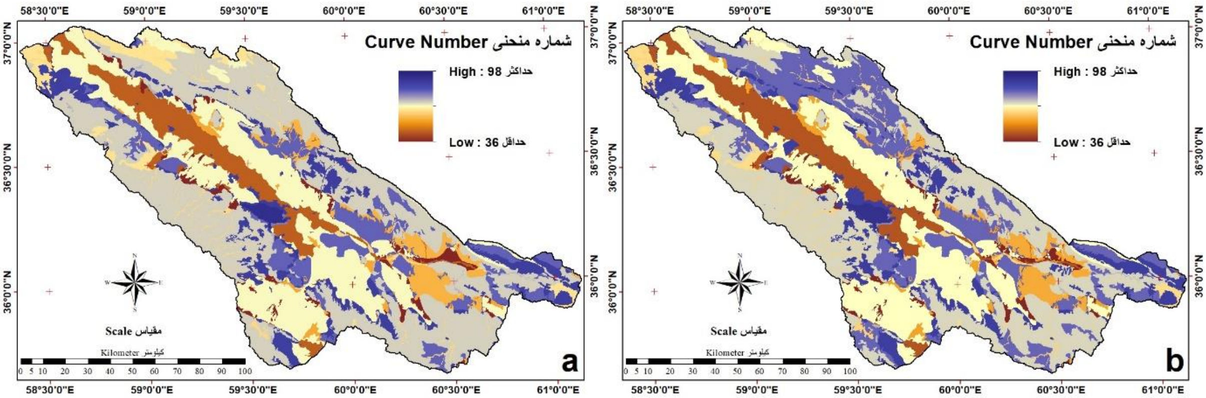
با استفاده از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی، تغییرات مربوط به کاربری‌های مختلف آشکارسازی شد. بررسی این تغییرات شامل کاهش‌ها، افزایش‌ها و تغییرات خالص برای هر طبقه و انتقال از یک طبقه به طبقه‌های دیگر است. در ادامه با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS برای حوضه کشف‌رود، مقدار تغییر بین هر یک از کاربری‌ها بین سال های ۱۳۶۶ و ۱۳۹۴ محاسبه شد. در جدول ۲ مساحت هر یک از این کاربری‌ها و درصد اختصاص یافته و همچنین مقدار و درصد تغییرات هر کلاس نشان داده شده است. نتایج نشان داد طی ۲۸ سال مورد مطالعه، کاربری اراضی صخره‌ای و مراتع مشجر تغییر نداشت. بیشترین درصد تغییر مربوط به پهنه آبی، مرتع فقیر و اراضی مسکونی است که به‌ترتیب ۱۸۹، ۱۴۳ و ۵۰ درصد افزایش داشتند. بیش‌ترین مقدار افزایش مساحت مربوط به مرتع فقیر با ۱۵۱۴ کیلومتر مربع و بیش‌ترین مقدار کاهش مربوط به مراتع متوسط با ۱۲۷۸ کیلومتر مربع است. پس از بررسی‌های بیشتر تغییرات کاربری، مشخص شد که دلیل افزایش ۱۸۹ درصدی مساحت پهنه‌های آبی مربوط به سدسازی هایی بوده که در این بازه زمانی (دوره سازندگی بین ۱۳۶۸ تا ۱۳۷۶) انجام شده است. افزایش درصد اراضی مسکونی و گسترش مرتع فقیر نیز به دلیل آغاز رشد چشم‌گیر و صعودی جمعیت در کشور می‌باشد. یکی از نکات مهم و حایز اهمیت افزایش مراتع فقیر در حوضه طی یک دوره ۲۸ ساله است که صدمه زیادی به منابع طبیعی وارد نموده است. طبق جدول ۲ همان‌طور که از جمع مقدار کاهش مرتع خوب و متوسط روشن است، با جمع مقدار افزایش مساحت مرتع فقیر تقریبا برابری می‌کند که حاکی از تغییر مرتع خوب و متوسط به مرتع فقیر در این سال‌ها است و حاکی از گسترش فعالیت‌های انسانی و بی توجهی به وضعیت منابع طبیعی است.

با تلفیق نقشه‌های گروه هیدرولوژیک خاک و کاربری اراضی در محیط ArcGIS و استفاده از جداول استاندارد، نقشه شماره منحنی برای سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۹۴ تهیه شد (شکل ۵). میانگین وزنی شماره منحنی در شرایط رطوبتی متوسط برای سال ۱۳۶۶، ۷۷/۵ واحد و برای سال ۱۳۹۴، ۷۸/۴ به دست آمد. با توجه به اینکه ویژگی‌های خاک و توپوگرافی، در کوتاه مدت تغییر نمی‌کند و جزو عوامل پایدار به حساب می‌آیند، در بازه مورد مطالعه ثابت در نظر گرفته شد. از آنجا که تنها نقشه کاربری اراضی برای این سال‌ها متفاوت است، بنابراین مقدار افزایش ۰/۹ واحدی در شماره منحنی، ناشی از تغییر کاربری اراضی بین سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۴ است.

برای واسنجی و اعتبارسنجی مدل در تحقیق حاضر از چهار واقعه سیل که در ایستگاه هیدرومتری پل خاتون- کشف‌رود که دارای بارش متناظر نسبتا فراگیر بودند استفاده شد. تاریخ این وقایع شامل ۱۳۹۴/۰۸/۱۱، ۱۳۹۴/۱۲/۲۶، ۱۳۹۵/۰۱/۱۴ و ۱۳۹۵/۰۲/۳۰ بوده و دارای بارش تقریبا فراگیر بودند.

جدول ۲- تغییر مساحت کاربری اراضی بین سال‌های ١٣٦٦ تا ١٣٩٤
**Table 2- Change of land use area from 1987 to 2015**

| کاربری اراضی Land use | مساحت (١٣٦٦) Area (1987) (km²) | % | مساحت (١٣٩٤) Area (2015) (km²) | % | مقدار تغییر The amount of change (km²) | % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| اراضی صخره‌ای Rocky | 65.67 | 0.39 | 65.67 | 0.39 | 0.00 | 0.00 |
| مناطق مسکونی Residential | 195.84 | 1.17 | 293.88 | 1.75 | 98.04 | 50.06 |
| پهنه آبی Water | 0.83 | 0.00 | 2.40 | 0.01 | 1.58 | 189.16 |
| کشت آبی Irrigated cultivation | 1417.56 | 8.45 | 1420.25 | 8.46 | 2.69 | 0.19 |
| کشت باغ Garden | 281.59 | 1.68 | 279.21 | 1.66 | -2.38 | -0.85 |
| کشت دیم Dry farming | 5762.94 | 34.35 | 5760.98 | 34.33 | -1.96 | -0.03 |
| مرتع خوب Good rangeland | 682.19 | 4.07 | 348.25 | 2.08 | -333.95 | -48.95 |
| مرتع فقیر Poor rangeland | 1056.83 | 6.30 | 2571.36 | 15.32 | 1514.54 | 143.31 |
| مرتع متوسط Medium rangeland | 7044.95 | 41.99 | 5766.39 | 34.37 | -1278.56 | -18.15 |
| مرتع مشجر Wooded rangeland | 270.51 | 1.61 | 270.51 | 1.61 | 0.00 | 0.00 |
| جمع کل Total | 16778.91 | 100.00 | 16778.91 | 100.00 | 0.00 | 0.00 |




شکل ۵- نقشه شماره منحنی منطقه مورد مطالعه مربوط به سال ١٣٦٦ (a) و ١٣٩٤ (b)
**Figure 5- Curve Number maps of the study area for the years 1987 (a) and 2015 (b)**

به منظور واسنجی، از سه رگبار اول استفاده شد و اطلاعات مربوط به رگبار همراه با داده‌های هیدروگراف مشاهده‌ای به مدل وارد شد. برای تخمین اولیه زمان تأخیر از روابط تجربی که برای برآورد زمان تمرکز ارائه شده (مانند کرپیچ، کالیفرنیا، چاو، SCS و...) کمک گرفته شد و سپس زمان تأخیر با استفاده از زمان تمرکز برآورد شد. تلفات اولیه به صورت فرضی برآورد شد و شماره منحنی در شرایط رطوبتی متوسط در طی بهینه‌سازی ثابت نگه داشته شد. سپس پارامترهای ورودی مدل با مقایسه و برازش هیدرگراف‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده، بهینه‌سازی شد که نتایج در جدول ۳ ارائه شده است.

نتایج مقایسه هیدروگراف شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای واقعه سیلاب مورخ ۱۳۹۴/۱۲/۲۶ در شکل ۶ آمده است.

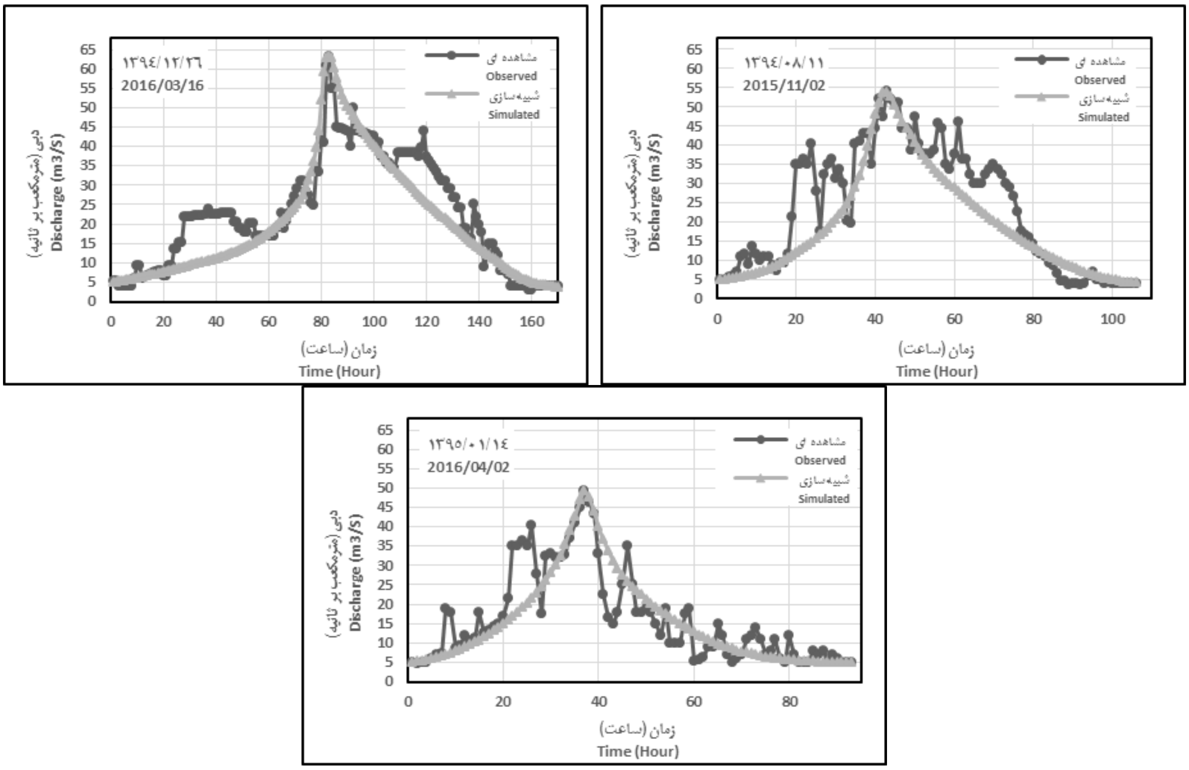
به منظور ارزیابی کارایی مدل پس از انجام عملیات واسنجی، اعتبارسنجی مدل با استفاده از ورود میانگین پارامترهای بهینه شده و از طریق مقایسه داده‌های هیدروگراف شبیه‌سازی شده و هیدروگراف سیل ثبت شده در تاریخ ۱۳۹۵/۰۲/۳۰ انجام شد. جدول ۴ نتایج اعتبارسنجی مدل را نشان می‌دهد.

پس از انجام مراحل واسنجی و اعتبارسنجی، برای بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل رودخانه کشف‌رود طی ۲۸ سال بین سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۴ از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS استفاده شد. برای این منظور با ثابت در نظر گرفتن مشخصات بارش، مدل رقومی ارتفاع، نقشه گروه هیدرولوژیکی خاک و... با مقادیر بهینه شده ضرایب تلفات اولیه و زمان تأخیر و همچنین مقادیر شماره منحنی محاسبه شده، هیدروگراف سیلاب برای سال ۱۳۶۶ شبیه‌سازی شد و اختلاف بین دبی اوج، حجم و زمان رسیدن به دبی اوج سیل مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۵).

جدول ۳- بهینه‌سازی زمان تاخیر و جذب اولیه در وقایع مختلف

Table 3- Optimization of Lag time and initial abstraction in different events

| تاریخ وقایع<br>Date of event | زمان تاخیر (ساعت)<br>Lag time (hr) | جذب اولیه (میلی‌متر)<br>Initial abstraction (mm) |
|---|---|---|
| ۱۳۹۴/۰۸/۱۱<br>2015/11/02 | 34.8 | 23.7 |
| ۱۳۹۴/۱۲/۲۶<br>2016/03/16 | 36.4 | 24.8 |
| ۱۳۹۵/۰۱/۱۴<br>2016/04/02 | 29.8 | 20.3 |
| میانگین<br>Average | 33.7 | 22.9 |




شکل ٦- هیدروگراف شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای سه واقعه بعد از واسنجی مدل HEC-HMS

**Figure 6- Simulated and observed hydrograph of the three events after HEC-HMS model calibration**

جدول ٤- بهینه‌سازی زمان تاخیر و جذب اولیه در وقایع مختلف

Table 4- Optimization of Lag time and initial abstraction in different events

| عامل<br>Parameter | مشاهده‌ای<br>Observed | شبیه‌سازی شده<br>Simulated | اختلاف (درصد) |
|---|---|---|---|
| دبی اوج سیل (متر مکعب بر ثانیه)<br>Flood peak ($m^3$/s) | 63.4 | 63.1 | 0.5 |
| حجم سیلاب (هزار متر مکعب)<br>Flood volume (1000$m^3$) | 13805.1 | 12300.3 | 10.9 |
| زمان رسیدن دبی به اوج<br>Time to peak | 2016/05/19–17:00 | 2016/05/19 – 17:00 | 0.0 |

**جدول ۵- اثر تغییر کاربری اراضی بر خصوصیات سیلاب در رودخانه کشف‌رود**
**Table 5- The effect of land-use changes on flood characteristics in the Kashafrood River**

| | | دبی اوج (متر مکعب بر ثانیه) Flood peak ($m^3/s$) | | | حجم رواناب (هزار متر مکعب) Flood volume ($1000m^3$) | | | زمان دبی اوج (ساعت) Time to peak (hr) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| واقعه Event | تاریخ Date | سال ۱۳٦٦ Year 1987 | سال ۱۳۹٤ Year 2015 | مقدار تغییر (درصد) The change (%) | سال ۱۳٦٦ Year 1987 | سال ۱۳۹٤ Year 2015 | مقدار تغییر (درصد) The change (%) | سال ۱۳٦٦ Year 1987 | سال ۱۳۹٤ Year 2015 |
| 1 | ۱۳۹۴/۰۸/۱۱ 2015/11/02 | 46.2 | 54.1 | +14 .5 | 9098 | 10543 | +13.7 | 38.5 | 38.5 |
| 2 | ۱۳۹۴/۱۲/۲۶ 2016/03/16 | 52.4 | 63.1 | +16.9 | 10430 | 12300 | +15.2 | 40.1 | 40.1 |
| 3 | ۱۳۹۵/۰۱/۱۴ 2016/04/02 | 21.8 | 25.2 | +13.7 | 4369 | 4920 | +11.2 | 33.5 | 33.5 |
| 4 | ۱۳۹۵/۰۲/۳۰ 2016/05/19 | 57.9 | 68.5 | +15.5 | 11404 | 13354 | +14.6 | 33.9 | 33.9 |
| - | میانگین | 44.6 | 52.7 | +15.2 | 8825 | 10279 | +13.7 | 36.5 | 36.5 |

## نتیجه‌گیری

عوامل متعددی در ایجاد سیل و خصوصیات آن مؤثر است. وقوع سیلاب تابع وقایع اقلیمی مانند مقدار، شدت و توزیع مکانی بارندگی و ویژگی‌های مختلف حوضه مانند مساحت، شیب، کاربری اراضی و... است. نتایج تحقیق گویای این است که استفاده از داده‌های سنجش از دور و تلفیق نتایج در سیستم اطلاعات جغرافیایی در ارزیابی تغییرات زمانی کاربری اراضی، به‌منظور آگاهی از نوع و درصد کاربری اراضی و میزان تغییرات آنها در منابع طبیعی بسیار کارآمد است. همچنین استفاده از داده‌های ماهواره‌ای لندست نسبت به سایر منابع برتری دارد. مهم‌ترین قابلیت‌های آن، یکپارچه و وسیع بودن، تنوع طیفی، تهیه پوشش‌های تکراری و ارزان بودن، آرشیو بسیار غنی و قدیمی و... در مقایسه با سایر داده‌های ماهواره‌ای است. بنابراین استفاده از این داده‌ها در سطوحی وسیع مانند سطح حوضه کشف‌رود، نتایج خوبی ارائه داده و توصیه می‌شود (۲ و ۲۰). نتایج مقایسه سه روش طبقه‌بندی تصاویر شامل حداقل فاصله، ماهالانوبیز و حداکثر شباهت نیز نشان داد که دقت روش حداکثر شباهت از سایر روش‌ها بیشتر است که با نتایج کادیوگولری و باسکنت (۱۲)، رام و چوهان (۲۱) و سعادت و همکاران (۲۳) مطابقت دارد. با توجه به نتایج جدول ۴، مشخص شد که درصد خطای محاسباتی در دبی اوج هیدروگراف سیل حدود ۰/۵ درصد است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مدل بهینه شده در این حوضه عملکرد بسیار مناسبی دارد و نتایج قابل قبولی در برآورد دبی اوج سیل خواهد داشت. از طرفی این مدل حجم سیلاب را با ۱۰/۹ درصد خطا برآورد کرده است و حاکی از داشتن دقت بسیار کمتر نسبت به دبی اوج برآوردی است که با نتایج شکری کوچک و همکاران (۲۹) و شنانی هویزه و همکاران (۲۸) که در مطالعات خود عملکرد مدل HEC-HMS را در برآورد هیدروگراف سیل حوضه بررسی کردند، مطابقت دارد. طبق نتایج جدول ۵، در تمامی وقایع تغییرات کاربری اراضی باعث افزایش دبی اوج و حجم سیلاب در طول ۲۸ سال مورد بررسی شده است. به طور میانگین میزان دبی اوج سیل در سال ۱۳۹۴ نسبت به دبی اوج سیل در سال ۱۳۶۶، ۱۵/۲ درصد افزایش داشته است و به طور مشابه میزان حجم سیلاب نیز در دوره مورد مطالعه، ۱۳/۷ درصد افزایش یافت. به طور کلی می‌توان گفت تغییرات کاربری اراضی با ایجاد تغییراتی در میزان نفوذپذیری خاک و به تبع آن تغییر در شماره منحنی حوضه، موجب ایجاد تغییراتی در دبی اوج و حجم سیلاب می‌شود که با نتایج محققانی مانند دو و همکاران (۶)، بهنام و همکاران (۳)، سانیال و همکاران (۲۶) و شنانی هویزه و همکاران (۲۸) هماهنگی دارد. در کل می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که در سال‌های اخیر در حوضه کشف‌رود تغییرات کاربری اراضی ناشی از دخالت‌های انسانی با تاثیرگذاری بر خصوصیات سیلاب باعث افزایش خطر سیل در حوضه کشف‌رود شده است و بایستی با مدیریت کاربری اراضی و جلوگیری از تخریب بیشتر منابع طبیعی، مانع تشدید روند سیل‌خیزی منطقه شد.

## سپاسگزاری

تحقیق حاضر با حمایت مالی شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی (طی قرارداد شماره ۳۲۲۷) انجام شده است و لذا در اینجا برای در اختیار قراردادن اطلاعات و پوشش دادن هزینه‌های این تحقیق تشکر و قدردانی می‌گردد.

## منابع

1- Alishah Aratboni F., Arzani H., Hosseini S.Z., Babaie Kafaki S., and Mirakhorlou Kh. 2013. Rangelands vegetation cover mapping using IRS-LissIII data image processing(Case study: Sorkh Abad Basin, Mazandaran). Iranian Journal of Range and Desert Reseach 20(3): 454-462. (In Persian with English abstract)
2- Arekhi S. 2015. Detecting Land cover/Land use Changesby Object-oriented Processing of Satellite Images using IdrisiSelva Software (Case study: Abdanan Region). The Journal of Geographical Data (SEPEHR) 24(95): 61-62. (In Persian with English abstract)
3- Behnam P., Samadi H., Shayannejad M., and Ebrahimi A. 2013. Evaluation of impacts of land use changes on Zayandehroud river flood hydrograph in Isfahan region. Journal of Water and Wastewater 24(4): 103-111. (In Persian with English abstract)
4- Costache R., Fontanine I., and Corodescu E. 2014. Assessment of surface runoff depth changes in Saraţel River Basin. Romania using GIS techniques. Central European Journal of Geosciences 6(3): 363–372.
5- Daei S., Salari Jazi M., Ghorbani K., and Meftah Halaghi M. 2018. Improvement of Estimation of Flood Hydrograph Using Modified Curve Number (non-linear Ia-S) Model. Iranian Journal of Ecohydrology 5(3): 931-939. (In Persian with English abstract)
6- Du J., Qian L., Rui H., Zuo T., Zheng D., Xu Y., and Xu C.Y. 2012. Assessing the effects of urbanization on annual runoff and flood events using an integrated hydrological modeling system for Qinhuai River basin. Journal of Hydrology 464-465(0): 127-139.
7- Ghaffari Gilandeh A., Sobhani B., and Babakandi E. 2017. Estimate of curve number and runoff height in Arc-GIS (Case study: Meshkinshahr City). Hydrogeomorphology 3(9): 159–175. (In Persian with English abstract)
8- Ghoie S. 2016. Erosion risk assessment using network analysis and geographic information system in Cham Bagh Khorramabad watershed. M.Sc. thesis. Department of Geomorphology, Shahid Beheshti University. 130 pp. (In Persian with English abstract)
9- Hadjimitsis D.G., Papadavid G., Agapiou A., Themistocleous K., Hadjimitsis M., Retalis A., Michaelides S., Chrysoulakis N., Toulios L., and Clayton C. 2010. Atmospheric correction for satellite remotely sensed data intended for agricultural applications: impact on vegetation indices. Natural Hazards and Earth System Sciences 10(1): 89-95.
10- Hejazi A., and Mezbani M. 2017. The Estimation of Runoff Volume and Maximum Discharge by Using Curve Number (CN) Method (Case Study in Darrehshahr Drainage Basin). Hydrogeomorphology 2(5): 63-81. (In Persian with English abstract)
11- Hoseinzadeh M.M., Nosrati K., and Imeni S. 2018. Determining curve number and estimating runoff yield in Hesarak catchment. Researches in Geographical Sciences 18(51): 133-150. (In Persian with English abstract)
12- Kadioğullari A.I., and Başkent E.Z. 2008. Spatial and temporal dynamics of land use pattern in Eastern Turkey: a case study in Gümüşhane. Environmental Monitoring and Assessment 138(1-3): 289-303.
13- Kavosh Pey Mashhad Co. 2015. Updating studies of water resources balance in the Ghareghom basin. Part 2. Regional Water Company of Khorasan Razavi. 112p. (In Persian with English abstract)
14- Lagadec L.R., Patrice P., Braud I., Chazelle B., Moulin L., Dehotin J., and Breil P. 2016. Description and evaluation of a surface runoff susceptibility mapping method. Journal of Hydrology 541: 495–509.
15- Mahdavi M. 2014. Applied hydrology. 8th edition. Tehran University Press. (In Persian with English abstract)
16- Mohammadi Sh., Habashi Kh., and Pourmanafi S. 2018. Monitoring and prediction land use/ land cover changes and its relation to drought (Case study: sub-basin Parsel B2, Zayandeh Rood watershed). RS & GIS for Natural Resources 9(1): 24-39. (In Persian with English abstract)
17- Moharampour E., Nazarnejad H., and Babaei S. 2018. Estimation of the Curve Number and Runoff Height Using Arc GIS Software with the Arc CN-Runoff Tool (Case study: Nazluchai Basin of Urmia). Watershed Management Research 31(2): 41-49. (In Persian with English abstract)
18- Mostafazadeh R., Mirzaei Sh., and Nadiri P. 2018. Curve Number Determination using Rainfall and Runoff Data and its Variations with Rainfall Components in a Forested Watershed. Journal of Water and Soil Science 21(4): 15-28. (In Persian with English abstract)
19- Nohegar A., Kazemi M., Roshan M., and Rezaei P. 2012. Survey of the Effects of Land use Variation on Flooding Potential in Tang-e-Bostanak Watershed. Environmental Erosion Research Journal 2(1): 28-41. (In Persian with English abstract)
20- Omidvar K., Narangifard M., and Abbasi H. 2015. Detecting the Changes of land uses and vegetation cover using remote sensing in Yasooj city. Geography and Territorial Spatial Arrangement 5(16): 111-126. (In Persian with English abstract)
21- Ram B., and Chauhan J.S. 2009. Application of Remote Sensing and GIS to assess Land Use Changes in Jhunjhunun District of Arid Rajasthan. Journal of Indian Society Remote Sensing 37(4): 671-680.
22- Rostam Zadeh H., Darabi S., and Shahabi H. 2017. Change detection of Oak forests using object-based classification of multitemporal Landsat imageries (Case study: forests of the northern province of Ilam). RS & GIS

for Natural Resources 8(2): 92-110. (In Persian with English abstract)

23- Saadat H., Adamowski J., Bonnell R., Sharifi F., Namdar M., and Ale-Ebrahim S. 2011. Land use and land cover classification over a large area in Iran based on single date analysis of satellite imagery. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 66(5): 608-619.

24- Sajikumar N., and Remya R.S. 2015. Impact of land cover/land use change on runoff characteristics. Journal of Environmental Management 161: 468–460.

25- Salih A.A., and Hamid A.A. 2017. Hydrological studies in the Nile State in Sudan. Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science 20(1): 31–38.

26- Sanyal J., Densmore A.L., and Carbonneau P. 2014. Analysing the effect of land-use/cover changes at sub-catchment levels on downstream flood peaks: A semi-distributed modelling approach with sparse data. CATENA 118: 28-40.

27- Satheeshkumar S., Venkateswaran S., and Kannan R. 2017. Rainfall–runoff estimation using SCS–CN and GIS approach in the Pappiredipatti watershed of the Vaniyar sub basin, South India. Modeling Earth Systems and Environment 3(24): 1-8.

28- Shanani Hoveyzeh S.M., Zarei H., and Ramezani H. 2017. The Effect of Land-Use Changes on Flood Hydrograph (Case Study: Abolabbas Basin). Journal of Irrigation Sciences and Engineering 40(1): 219-229. (In Persian with English abstract)

29- Shokri S., Behnia A.A., Radmanesh F., and Akhond A.M. 2012. Watershed Flood Hydrograph Estimation Using HEC-HMS and Geographic Information System (Case Study: Idanak Watershed). Journal of Watershed Management Research 3(5): 63-80. (In Persian with English abstract)

30- Suriya S., and Mudgal B.V. 2012. Impact of urbanization on flooding: The Thirusoolam sub watershed–A case study. Journal of Hydrology 412–413: 210-219.

31- Vinithra R., and Yeshodha L. 2016. Rainfall–runoff modelling using SCS–CN method: a case study of Krishnagiri District, Tamilnadu. International Journal of Science and Research (IJSR). 5(3): 2319–7064.

32- Ward P.J., Eisner S., Florke M., Dettinger M.D., and Kummu M. 2014. Annual flood sensitivities to El Nino-southern oscillation at the global scale. Hydrology and Earth System Sciences 18(1): 47–66.

Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 1, March-April 2020, p. 43-54

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۹، ص. ۵۴-۴۳

# The Effect of Land Use Changes on the Flood Hydrograph in the Kashaf-Rood River by Analyzing of SCS-CN Results

M. Mahmoodi[1]- M. Honarmand[2]*- F. Naseri[3]- S. Mohammadi[4]
Received: 09-12-2019
Accepted: 28-01-2020

**Introduction:** Runoff estimation is one of the main concerns of hydrologists and plays a key role in various engineering calculations and designs. Many factors such as climate, topography, soil properties, land cover, etc, are involved in producing surface runoff. Land use and land cover changes have a direct impact on the hydrological cycle in the ecosystem. The most common model of surface runoff estimation is the curve number model developed by the US Soil Conservation Service (SCS-CN). Accurate estimation of its important parameters increases its precision and performance. Land use is one of the most important parameters of this model.Remote sensing (RS) and geographic information system (GIS) technologies are used in order to increase its speed and accuracy of estimation. One of the problems that have occurred in the Kashaf-Rood Basin is the extensive land use changes that may cause changes in peak discharge and surface runoff volume. In this study, due to the great importance and impact of land cover change on increasing flood risk, the effects of land use change over 28 years (from 1987 to 2015) on flood hydrograph characteristics were investigated.

**Materials and Methods:** The Kashaf-Rood basin is a part of the Ghara-Ghum basin. The total area of the basin is 16779 square kilometers with the highest and lowest elevation of 3235 and 378 meters above sea level, respectively . The length of the Kashaf-Rood River from the highest point to the outlet of the basin is about 374 km and its average and gross river slope are 0.0028 and 0.0043 m/m, respectively. The digital elevation model was used to calculate the topographical properties, hydrological properties and geometrical corrections required on satellite images. In this research, the data of the Global Digital Elevation Model (ASTER) with a spatial accuracy of 30 m was used. Also, the soil hydrologic group map prepared in Ghara-Ghum water resources balance studies was used. Since no land use change occurs in the short term and can be detected at long intervals, a 28-year interval was chosen for satellite imagery. In general, five images of Landsat satellite are needed for full coverage of the Kashaf-Rood Basin. For the oldest data, Landsat 5 images and for the latest data, Landsat 8 images were used. ERDAS IMAGINE 2014 software was used to digitally process satellite images. The images were classified in three methods: The Minimum distance, Mahalanobis distance and the Maximum Likelihood. In order to select the appropriate method, after applying different classification algorithms for the image of 2015, the accuracy of their classification was evaluated and, the image of 1987 was also classified based on the selected method. By combining soil hydrological group and land use map derived from Landsat satellite imagery using ArcGIS 10.3 software, the curve number maps for 1987 and 2015 were prepared. In the present study, the US soil conservation service standard curve number method (SCS-CN) was used to calculate the amount of rainfall and losses in the HEC-HMS model. For the calibration of the HEC-HMS model, four flood events at the bridge of Khatun Kashaf-Rood hydrometric station with relatively concomitant precipitation were selected. Three flood events were used for calibration and one flood event for validation.

**Results and Discussion:** The images were classified into three methods: The Minimum distance, Mahalanobis distance, and the Maximum Likelihood. Comparing the results of these three methods showed that their overall accuracy in evaluating and identifying land use was 78.5, 83.7 and 87.3, respectively. Thus, the maximum likelihood algorithm was used to classify the images and the image of the year 1987 was classified with this method. Ten land use classes were identified in the study area. The results showed that during the 28 years of study, the area of rocky lands and rangelands did not change. The highest percentage of change was due to water zones, poor rangelands and residential lands, which increased by 189, 143 and 50 percent, respectively. The highest amount of increase in the area occurred in the poor rangelands, which 1514 $km^2$, and the highest decrease occurring in moderate rangelands which is 1278 $km^2$. By combining soil hydrological group maps and land use maps in ArcGIS software and using standard tables, the curve number maps for 1987 and 2015 were prepared. The weighted average of the curve number in the mean moisture conditions for 1987 and 2015 was

1, 2, 3 and 4- Ph.D. Student and Associate Professors of Department of Ecology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: mehonarmand167@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jsw.v34i2.84342

77.5 and 78.4 units, respectively. After performing the calibration and validation steps, the HEC-HMS hydrological model was used to investigate the impact of land-use change on the flood hydrograph of the Kashaf-Rood River between 1987 and 2015. According to the results, in all four events which were studied, land-use changes have increased the peak of discharge and the flood volume over the 28 years of study. On average, the peak flood discharge in 2015 was 15.2% higher than the peak flood discharge in 1987, and similarly, the flood volume increased by 13.7% during the study period.

**Conclusion:** In conclusion, it can be derived that in recent decades, land-use changes which were caused by human interference, affected the flood characteristics and increased the risk of flooding in the Kashaf-Rood river. Therefore, land use must be managed and prevented further destruction of natural resources to prevent flooding in the area.

**Keywords:** Flood, Curve number, Landsat, HEC-HMS